

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

紙面による写し(注意:電子データが原本となります)

0	受理官庁記入欄	
0-1	国際出願番号	
0-2	国際出願日	
0-3	(受付印)	
0-4	様式-PCT/RO/101 この特許協力条約に基づく国際出願願書は、	
0-4-1	右記によって作成された。	JPO-PAS 0321
0-5	申立て 出願人は、この国際出願が特許協力条約に従って処理されることを請求する。	
0-6	出願人によって指定された受理官庁	日本国特許庁 (RO/JP)
0-7	出願人又は代理人の書類記号	PCT0400952S
I	発明の名称	気相成長装置およびエピタキシャルウェーハの製造方法
II	出願人	
II-1	この欄に記載した者は	出願人である (applicant only)
II-2	右の指定国についての出願人である。	米国を除く全ての指定国 (all designated States except US)
II-4ja	名称	信越半導体株式会社
II-4en	Name:	SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.
II-5ja	あて名	1000005 日本国
II-5en	Address:	東京都千代田区丸の内1丁目4番2号 4-2, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000005 Japan
II-6	国籍(国名)	日本国 JP
II-7	住所(国名)	日本国 JP
II-8	電話番号	03-3214-1831
II-9	ファクシミリ番号	03-3215-9040
II-11	出願人登録番号	000190149

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

紙面による写し (注意: 電子データが原本となります)

III-1	その他の出願人又は発明者	出願人及び発明者である (applicant and inventor) 米国のみ (US only) 山田 透 YAMADA, Toru 3790196 日本国 群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 c/o SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD., Isobe R&D Center, 13-1, Isobe 2-chome, Annaka-shi, Gunma 3790196 Japan
III-1-1	この欄に記載した者は	
III-1-2	右の指定国についての出願人である。	
III-1-4ja	氏名(姓名)	
III-1-4en	Name (LAST, First):	
III-1-5ja	あて名	
III-1-5en	Address:	
III-1-6	国籍(国名)	日本国 JP
III-1-7	住所(国名)	日本国 JP
IV-1	代理人又は共通の代表者、通知のあて名 下記の者は国際機関において右記のごとく 出願人のために行動する。	代理人 (agent)
IV-1-1ja	氏名(姓名)	菅原 正倫
IV-1-1en	Name (LAST, First):	SUGAWARA, Masatsune
IV-1-2ja	あて名	4600008 日本国 愛知県名古屋市中区栄二丁目9番30号 栄山吉ビル 菅原国際特許事務所
IV-1-2en	Address:	SUGAWARA & ASSOCIATES, Sakae Yamakichi Bldg., 9-30, Sakae 2-chome, Naka-ku, Nagoya-shi, Aichi 4600008 Japan
IV-1-3	電話番号	052-212-1301
IV-1-4	ファクシミリ番号	052-212-1302
IV-1-6	代理人登録番号	100095751
V	国の指定	
V-1	この願書を用いてされた国際出願は、規則 4.9(a)に基づき、国際出願の時点で拘束さ れる全てのPCT締約国を指定し、取得しうる あらゆる種類の保護を求め、及び該当する 場合には広域と国内特許の両方を求める 国際出願となる。	
VI-1	先の国内出願に基づく優先権主張	
VI-1-1	出願日	2003年 12月 17日 (17. 12. 2003)
VI-1-2	出願番号	2003-419201
VI-1-3	国名	日本国 JP
VI-2	優先権証明書送付の請求 上記の先の出願のうち、右記の番号のもの については、出願書類の認証謄本を作成 し国際事務局へ送付することを、受理官庁 に対して請求している。	VI-1
VII-1	特定された国際調査機関(ISA)	日本国特許庁 (ISA/JP)

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

紙面による写し(注意:電子データが原本となります)

VIII	申立て	申立て数	
VIII-1	発明者の特定に関する申立て	-	
VIII-2	出願し及び特許を与えられる国際出願日における出願人の資格に関する申立て	-	
VIII-3	先の出願の優先権を主張する国際出願日における出願人の資格に関する申立て	-	
VIII-4	発明者である旨の申立て(米国を指定国とする場合)	-	
VIII-5	不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て	-	
IX	照合欄	用紙の枚数	添付された電子データ
IX-1	願書(申立てを含む)	3	✓
IX-2	明細書	16	✓
IX-3	請求の範囲	3	✓
IX-4	要約	1	✓
IX-5	図面	14	✓
IX-7	合計	37	
	添付書類	添付	添付された電子データ
IX-8	手数料計算用紙	-	✓
IX-17	PCT-SAFE 電子出願	-	-
IX-19	要約書とともに提示する図の番号	1	
IX-20	国際出願の使用言語名	日本語	
X-1	出願人、代理人又は代表者の記名押印	/100095751/	
X-1-1	氏名(姓名)	菅原 正倫	
X-1-2	署名者の氏名		
X-1-3	権限		

## 受理官庁記入欄

10-1	国際出願として提出された書類の実際の受理の日	
10-2	図面	
10-2-1	受理された	
10-2-2	不足図面がある	
10-3	国際出願として提出された書類を補完する書類又は図面であってその後期間内に提出されたものの実際の受理の日(訂正日)	
10-4	特許協力条約第11条(2)に基づく必要な補完の期間内の受理の日	
10-5	出願人により特定された国際調査機関	ISA/JP
10-6	調査手数料未払いにつき、国際調査機関に調査用写しを送付していない	

## 国際事務局記入欄

11-1	記録原本の受理の日	
------	-----------	--

## PCT手数料計算用紙(願書付属書)

紙面による写し(注意:電子データが原本となります)  
 [この用紙は、国際出願の一部を構成せず、国際出願の用紙の枚数に算入しない]

0	受理官庁記入欄			
0-1	国際出願番号			
0-2	受理官庁の日付印			
0-4	様式-PCT/RO/101(付属書)			
0-4-1	このPCT手数料計算用紙は、 右記によって作成された。	JPO-PAS 0321		
0-9	出願人又は代理人の書類記号	PCT0400952S		
2	出願人	信越半導体株式会社		
12	所定の手数料の計算	金額/係数	小計(JPY)	
12-1	送付手数料 T	⇒	13000	
12-2	調査手数料 S	⇒	97000	
12-3	国際出願手数料 (最初の30枚まで) i1	123200		
12-4	30枚を越える用紙の枚数	7		
12-5	用紙1枚の手数料 (X) 1300			
12-6	合計の手数料 i2	9100		
12-7	i1 + i2 = i	132300		
12-12	fully electronic filing fee reduction R	-26400		
12-13	国際出願手数料の合計 (i-R) I	⇒	105900	
12-17	納付すべき手数料の合計 (T+S+I+P)	⇒	215900	
12-19	支払方法	送付手数料: 予納口座引き落としの承認 調査手数料: 予納口座引き落としの承認 国際出願手数料: 銀行口座への振込み		
12-20	予納口座 受理官庁	日本国特許庁 (RO/JP)		
12-20-1	上記手数料合計額の請求に対する承認	✓		
12-21	予納口座番号	003388		
12-22	日付	2004年 11月 18日 (18.11.2004)		
12-23	記名押印			

## 出願人による言及

13-1-1	出願人による言及	弁理士 9575 菅原 正倫
--------	----------	----------------

## 明 細 書

### 気相成長装置およびエピタキシャルウェーハの製造方法

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、シリコン単結晶基板の主表面にシリコン単結晶薄膜を気相成長させるための気相成長装置と、それを用いて実現されるエピタキシャルウェーハの製造方法に関するものである。

#### 背景技術

- [0002] シリコン単結晶基板(以下、単に「基板」と略称する)の主表面に、気相成長法によりシリコン単結晶薄膜(以下、単に「薄膜」と略称する)を形成したシリコンエピタキシャルウェーハは、バイポーラICやMOS-IC等の電子デバイスに広く使用されている。そして、電子デバイスの微細化等に伴い、素子を作りこむエピタキシャルウェーハ主表面のフラットネスに対する要求がますます厳しくなりつつある。フラットネスに影響を及ぼす因子としては、基板の平坦度と薄膜の膜厚分布とがある。ところで、近年、たとえば直径が200mmないしそれ以上のエピタキシャルウェーハの製造においては、複数枚のウェーハをバッチ処理する方法に代えて、枚葉式気相成長装置が主流になりつつある。これは、反応容器内に1枚の基板を水平に回転保持し、反応容器の一端から他端へ原料ガスを略水平かつ一方向に供給しながら薄膜を気相成長させるものである。
- [0003] 上記のような枚葉式気相成長装置において、形成される薄膜の膜厚均一化を図る上で重要な因子として、反応容器内における原料ガスの流量あるいは流量分布がある。枚葉式気相成長装置においては、通常、ガス供給管を介して反応容器の一端部に形成されたガス導入口から原料ガスが供給され、基板表面に沿って原料ガスが流れた後、容器他端側の排出口から排出される構造となっている。このような構造の気相成長装置において、流量ムラを減ずるために、ガス導入口の下流側に多数の孔を形成した分散板を設けたり、あるいはガス流を幅方向に仕切る仕切板を設けたりした装置が提案されている。
- [0004] また、下記特開平7-193015号公報には、ガス導入口からの原料ガスを、基板を

支持するサセプタの周囲に配置された堤部材の外周面に向けて流し、堤部材を乗り越えさせる形で基板の表面に原料ガスを供給する装置の構成が開示されている。この方法の主旨は、原料ガス流を堤部材の外周面に当てることで原料ガスを分散させ、流量のムラを解消しようというものである。また、上記のような気相成長装置において、原料ガスがよりスムーズにサセプタに向かって流れるように、堤部材に改良を加えることも提案されている(特開2002-231641号公報)。さらには、上記のような気相成長装置において、あえてサセプタの左右で原料ガスの流れを異ならせる改良を加えることも提案されている(特開2002-198316号公報)。

[0005] ところで、シリコン単結晶基板上にシリコン単結晶薄膜を気相エピタキシャル成長させる際の代表的な問題として、パターン変形がある。パターン変形に影響する要因としてはいくつかあるが、一般には、反応容器内の圧力を下げて基板表面で生成したHClガスの拡散係数を大きくし、HClガスによるエッチング作用を低下させれば、パターン変形量を小さくできることが知られている。こうした理由から、パターンの形成されたシリコン単結晶基板上への気相エピタキシャル成長には、減圧条件が相応しい。

[0006] ところが、上記特開平7-193015号公報に記載されているような装置を用い、減圧下でエピタキシャル成長を行うと、所期の膜厚分布を得ることが困難な場合がある。

[0007] 本発明の課題は、良好な膜厚分布を確保するために、シリコン単結晶基板上に流れる原料ガスの流通経路をより均一にすることができる気相成長装置と、それを用いたエピタキシャルウェーハの製造方法とを提供することにある。

特許文献1:特開平7-193015号公報

特許文献2:特開2002-231641号公報

特許文献3:特開2002-198316号公報

#### 発明の開示

[0008] 上記文献に開示された構成の気相成長装置においては、サセプタを取り囲む堤部材と、該堤部材の真上に配置された上部内張り部材とによって、図8の斜線部で示すようなガス導入隙間60'が形成される。一方、気相成長装置内に案内された原料ガスGは、摩擦抵抗がなるべく小さくなる方向に流れようとする。図8から理解できるように

、原料ガスGが水平基準線HSLに略平行に流れると仮定した場合、水平基準線HSLから遠ざかった位置ほど、原料ガスGは長い距離のガス導入隙間60'を流通することになる。そのため、水平基準線HSLから遠ざかった位置を流れる原料ガスGは、ガス導入隙間60'の出口付近において、流れる向きを内寄りに大きく変化させる傾向を持つ。この事実は、シリコン単結晶基板上に流れる原料ガスの流通経路の均一化を困難にする1つの原因である。

[0009] この点に気付いた本発明者は、鋭意検討の結果、以下に示す本発明を完成させるに至った。すなわち、本発明の気相成長装置は、シリコン単結晶基板の主表面上にシリコン単結晶薄膜を気相成長させる気相成長装置であって、水平方向における第一端部側にガス導入口が形成され、同じく第二端部側にガス排出口が形成された反応容器を有し、シリコン単結晶薄膜形成のための原料ガスがガス導入口から反応容器内に導入され、該反応容器の内部空間にて略水平に回転保持されるシリコン単結晶基板の主表面に沿って原料ガスが流れた後、ガス排出口から排出されるように構成され、内部空間内にて回転駆動される円盤状のサセプタ上にシリコン単結晶基板が配置される一方、サセプタを取り囲むとともに、上面が該サセプタの上面と略一致する位置関係にて堤部材が配置され、さらに、ガス導入口は堤部材の外周面に対向する形にて開口し、該ガス導入口からの原料ガスが、堤部材の外周面に当たって上面側に乗り上げた後、サセプタ上のシリコン単結晶基板の主表面に沿って流れるように構成された気相成長装置において、堤部材の上から被さるように上部内張り部材が配置され、堤部材と上部内張り部材とによって、反応容器内へのガス導入隙間が形成されており、反応容器の第一端部からサセプタの回転軸線と直交して第二端部に至る原料ガスの流れ方向に沿った仮想的な中心線を水平基準線とし、サセプタの回転軸線と、水平基準線との双方に直交する方向を幅方向と定義したとき、水平基準線から幅方向に遠ざかるにつれて、ガス導入隙間の水平基準線と平行な方向に形成される長さが、連続的または段階的に短くなるか、もしくはいずれの位置においても一定となるように構成されていることを特徴とする。

[0010] 上記本発明の気相成長装置は、反応容器内に配置されたサセプタの上に向かって流れる原料ガスの通路を、堤部材(ロフライナ)と上部内張り部材(アッパーライナ)

とで形成したものである。装置内を流通する原料ガスは、上述したように、摩擦による抵抗がなるべく小さくなる位置を選んで流れる傾向を持つ。本発明の気相成長装置においては、水平基準線から幅方向に遠ざかるにつれてガス導入隙間の形成される長さが短くなるか、もしくはいずれの位置においても一定となるように調整されている。したがって、水平基準線から離れた位置において、原料ガスの流れが水平基準線方向から大きく変化することを防止できる。これにより、サセプタの外周部においても原料ガスの流通経路をより均一にすることが可能になる。この結果、良好な膜厚分布のシリコン単結晶薄膜を作製できる気相成長装置が実現される。

- [0011] 1つの好適な態様において、上記の気相成長装置は、ガス導入隙間を形成する堤部材の上面と、同じく上部内張り部材の下面との上下方向での重なり度合いが、水平基準線から幅方向に遠ざかるにつれて小さくなる、もしくはいずれの位置においても一定となるように構成することができる。このような構成によれば、堤部材と上部内張り部材との重なり度合いの調整により、ガス導入隙間の形成される長さの調整を行うことができるため、設計変更等にも対応しやすい。
- [0012] また、上部内張り部材の下面の内周縁が、堤部材の上面の内周縁よりも原料ガスの流れ方向上流側に位置するように構成することができる。原料ガスは堤部材の上面に沿って流れ、サセプタの上面にスムーズに案内されることが必要である。上記構成によると、ガス導入隙間の終端を上部内張り部材の下面内周縁の位置で規定することができるので、原料ガスをサセプタの上面にスムーズに案内しつつ、ガス導入隙間の形成される長さを調整することができる。
- [0013] また、ガス導入隙間の出口側で、堤部材の上面の内周縁が描く円弧の中心が、サセプタの回転軸線に一致する一方、上部内張り部材の下面の内周縁が描く円弧の中心は、サセプタの回転軸線よりも原料ガスの流れ方向下流側に設定され、堤部材の上面の内周縁が描く円弧の半径よりも、上部内張り部材の下面の内周縁が描く円弧の半径の方が大となるように構成されているとよい。これらの要件を概念図に示すと、図7のようになる。図7中斜線部がガス導入隙間の形成領域を表している。すなわち、上記した構成は、ガス導入隙間の形成される長さ(水平基準線HSLに沿う方向に形成される長さ)を、水平基準線HSLから離れるにつれて徐々に減少させるため



の構成をより具体的に示す。

[0014] また、別の視点から見たときの本発明の気相成長装置は、シリコン単結晶基板の主表面上にシリコン単結晶薄膜を気相成長させる気相成長装置であって、水平方向における第一端部側にガス導入口が形成され、同じく第二端部側にガス排出口が形成された反応容器を有し、シリコン単結晶薄膜形成のための原料ガスがガス導入口から反応容器内に導入され、該反応容器の内部空間にて略水平に回転保持されるシリコン単結晶基板の主表面に沿って原料ガスが流れた後、ガス排出口から排出されるように構成され、内部空間内にて回転駆動される円盤状のサセプタ上にシリコン単結晶基板が配置される一方、サセプタを取り囲むとともに、上面が該サセプタの上面と一致する位置関係にて堤部材が配置され、さらに、ガス導入口は堤部材の外周面に対向する形にて開口し、該ガス導入口からの原料ガスが、堤部材の外周面に当たって上面側に乗り上げた後、サセプタ上のシリコン単結晶基板の主表面に沿って流れるように構成された気相成長装置において、堤部材の上から被さるように上部内張り部材が配置され、堤部材と上部内張り部材とによって、反応容器内へのガス導入隙間が形成されており、上部内張り部材の下面の内周縁が、堤部材の上面の内周縁よりも原料ガスの流れ方向上流側に位置し、ガス導入隙間の出口側で、堤部材の上面の内周縁が描く円弧の中心が、サセプタの回転軸線に一致する一方、上部内張り部材の下面の内周縁が描く円弧の中心は、サセプタの回転軸線よりも原料ガスの流れ方向下流側に設定され、堤部材の上面の内周縁が描く円弧の半径よりも、上部内張り部材の下面の内周縁が描く円弧の半径の方が大となるように構成されていることを特徴とする。

[0015] 気相成長装置内を流通する原料ガスは、上述したように、摩擦による抵抗がなるべく小さくなる位置を選んで流れる傾向を持つ。本発明の気相成長装置の主要部を概念図に示すと、図7のようになる。図7中斜線部がガス導入隙間の形成領域を表している。反応容器の第一端部からサセプタの回転軸線Oと直交して第二端部に至る原料ガスGの流れ方向に沿った仮想的な中心線を水平基準線HSLとし、サセプタの回転軸線Oと、水平基準線HSLとの双方に直交する方向を幅方向WLとする。堤部材の上面の内周縁23pが描く円弧の半径 $R_1$ に比べ、上部内張り部材の下面の内周縁

40pが描く円弧の半径 $R_3$ を大としているので、水平基準線HSLに沿う方向に関するガス導入隙間の形成される長さが、水平基準線HSLから離れるにつれて長くない。したがって、水平基準線HSLから離れた位置においても、原料ガスGは、流れる向きが大きく変化しない。なぜならば、ガス導入隙間を流れる原料ガスGは、抵抗が小さくなる経路、つまり、ガス導入隙間が短く形成された経路を流れる傾向を持つからである。この結果、サセプタの外周部にもより均一に原料ガスを流すことが可能になる。すなわち、基板上での原料ガスの流通経路のムラを解消することができ、良好な膜厚分布のシリコン単結晶薄膜を作製できる気相成長装置を実現できる。

[0016] また、本発明にかかる気相成長装置には、反応容器内を大気圧よりも減圧された状態に保持する排気系を設けることができる。この構成によれば、パターンの形成された基板上に気相成長する際に、パターン変形量を小さくすることができる減圧条件下でのエピタキシャル成長が可能である。

[0017] また、本発明のエピタキシャルウェーハの製造方法は、以上に説明した気相成長装置の反応容器内にシリコン単結晶基板を配置し、該反応容器内に原料ガスを流通させてシリコン単結晶基板上にシリコン単結晶薄膜を気相エピタキシャル成長させることによりエピタキシャルウェーハを得ることを特徴とする。

[0018] また、気相エピタキシャル成長の原料ガスとして、モノクロロシランガス、ジクロロシランガスおよびトリクロロシランガスのグループから選択される1種のものを使用し、以上に説明した気相成長装置の反応容器内を大気圧よりも減圧された状態に保ちつつ、シリコン単結晶基板上にシリコン単結晶薄膜を気相エピタキシャル成長させることができる。

[0019] また、水平基準線と平行な方向における、ガス導入隙間の形成される長さに応じて、水平基準線寄りを流れる原料ガスの流量を調節する内側バルブと、水平基準線から離れたところを流れる原料ガスの流量を調節する外側バルブとの開閉度合いを設定するとよい。このようにすれば、前述した本発明にかかる気相成長装置の構成と相俟って、基板上での原料ガスの流量ムラを低減することが可能である。

[0020] なお、堤部材の上面は、サセプタの上面と略一致する位置関係であるとしている。これは堤部材の上面とサセプタの上面とが完全に一致する必要はなく、2mm程度ま

での位置の違いは許容されるという意味である。

### 図面の簡単な説明

- [0021] [図1]図1は、本発明の気相成長装置の一例を示す側面断面図。
- [図2]図2は、本発明の気相成長装置の要部を拡大した断面図。
- [図3]図3は、本発明の気相成長装置の平面図。
- [図4]図4は、本発明の気相成長装置の要部を一部切り欠いて示す分解斜視図。
- [図5]図5は、上部内張り部材の下方平面図。
- [図6A]図6Aは、ガス導入隙間の形成形態を説明するための、図5中に示す水平基準線HSLを含む線6A-6Aについての断面図。
- [図6B]図6Bは、ガス導入隙間の形成形態を説明するための、図5の線6B-6Bについての断面図。
- [図6C]図6Cは、ガス導入隙間の形成形態を説明するための、図5の線6C-6Cについての断面図。
- [図7]図7は、ガス導入隙間の形成領域を示す平面投影図。
- [図8]図8は、上部内張り部材が改良されていない従来の気相成長装置の作用説明図。
- [図9]図9は、ガス導入隙間の形成される長さを一定にした別形態を示す模式図。
- [図10A]図10Aは、計算機シミュレーションから得られた本発明の気相成長装置における原料ガスの流通経路分布図。
- [図10B]図10Bは、計算機シミュレーションから得られた従来の気相成長装置における原料ガスの流通経路分布図。
- [図11A]図11Aは、計算機シミュレーションから得られた本発明の気相成長装置における成長速度分布を示す等高線図。
- [図11B]図11Bは、計算機シミュレーションから得られた従来の気相成長装置における成長速度分布を示す等高線図。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0022] 以下、本発明を実施するための最良の形態を、添付の図面に基づき説明する。

図1～図4は、シリコン単結晶基板の主表面にシリコン単結晶薄膜を気相成長させ

る、本発明の気相成長装置1の一例を模式的に示すものである。図1はその側面断面図、図2は図1の部分拡大図、図3は図1の気相成長装置1の平面図、図4は、図1の気相成長装置1の要部を一部切り欠いて示す分解斜視図である。この気相成長装置1は、図1に示すように、水平方向における第一端部31側にガス導入口21が形成され、同じく第二端部32側にガス排出口36が形成された反応容器2を有する。薄膜形成のための原料ガスGは、ガス導入口21から反応容器2内に導入され、該反応容器2の内部空間5にて略水平に回転保持される基板Wの主表面に沿う方向に沿って流れた後、ガス排出口36から排気管7を経て排出されるように構成されている。排気管7は、減圧ポンプRP(図3)とともに気相成長装置1の排気系を構成している。

[0023] 図1に示すように、反応容器2の内部空間5には、垂直な回転軸線Oの周りにモータ13により回転駆動される円盤状のサセプタ12が配置され、その上面に形成された浅い座ぐり12b内に、シリコンエピタキシャルウェーハを製造するための基板Wが1枚のみ配置される。すなわち、該気相成長装置1は枚葉式として構成されている。基板Wは、たとえば直径が100mmあるいはそれ以上のものである。また、基板Wの配置領域に対応して反応容器2の上下には、基板加熱のための赤外線加熱ランプ11が所定間隔にて配置されている。

[0024] 反応容器2の内部空間5内には、図3に示すようにサセプタ12を取り囲むように堤部材23が配置されている。図2に示すように、堤部材23は、その上面23aがサセプタ12の上面12a(ひいては基板Wの主表面)と略一致する位置関係にて配置される。図1に示すように、ガス導入口21は、堤部材23の外周面23bに対向する形にて開口しており、該ガス導入口21からの原料ガスGは、図2あるいは図4に示すように、堤部材23の外周面23bに当たって上面23a側に乗り上げた後、サセプタ12上の基板Wの主表面に沿って流れるようになっている。本実施形態では、堤部材23の外周面23bは、サセプタ12の形状に対応した円筒面状とされている。なお、堤部材23の内周縁に沿って、板状に形成された均熱用の予熱リング22が配置され、その内側に配置されるサセプタ12の上面12aが、該予熱リング22の上面22a(図2参照)と略同一面となっている。また、内部空間5内には、堤部材23に対向する位置に、堤部材23とほぼ同径の上部内張り部材4が配置されている。堤部材23および上部内張り部材4は

、ともに石英材料により作製されたリング状の部品である。

[0025] 図1に示すように、気相成長装置1においては、反応容器2の第一端部31からサセプタ12の回転軸線Oと直交して第二端部32に至る原料ガスGの流れ方向に沿った仮想的な中心線を水平基準線HSLとする。そして、水平基準線HSLとサセプタ12の回転軸線Oとの双方に直交する方向を幅方向WL(図3)とする。

[0026] また、図3に示すように、ガス導入口21A, 21Bからの原料ガスGを堤部材23の外周面23bに向けて導くガス案内部材24R, 24Lが、水平基準線HSLの左右(具体的には反応容器2の支柱33の左右)に振り分けた形にてガス導入口21(21A, 21B)と堤部材23との間に配置されている。ガス案内部材24R, 24Lの内部に形成されたガス案内空間240, 240(図4)に、原料ガスGの流れを幅方向WLにさらに仕切るガス案内部材側仕切板34R, 34Lが設けられている。これにより、ガス案内空間240, 240は、水平基準線HSL寄りのガス案内空間24T, 24Tと、水平基準線HSLから遠い側のガス案内空間24S, 24Sとに分断される。

[0027] 一方、図3に示すように、堤部材23の外周面23bには、水平基準線HSLに対し左右対称に振り分けた形にて、原料ガスGの流れを幅方向WLにおける複数個所にて仕切る堤部材側仕切板35R, 35Lが配置されている。原料ガスGは、堤部材23の上面23aに乗り上げる際に幅方向WLに逃げやすい。そこで、前述したガス案内部材側仕切板34R, 34Lとともに、堤部材側仕切板35R, 35Lを設けることにより、原料ガスGの幅方向WLの流れを制御している。本実施形態では、堤部材側仕切板35R, 35Lは、水平基準線HSLを挟んで左右に各々1箇所ずつ配置されている。そして、ガス案内部材側仕切板34R, 34Lと堤部材側仕切板35R, 35Lとがそれぞれ、水平基準線HSLおよび回転軸線Oに平行な同一平面内に配置された形となっている。

[0028] また、図3に示すように、ガス案内部材24R, 24Lに対応してガス導入口21A, 21Bが形成されている。ガス配管50は、水平基準線HSL寄りのガス案内空間24T(図4)にガスを供給する内側配管53と、水平基準線HSLから遠い側のガス案内空間24S(図4)にガスを供給する外側配管51とに分岐し、各々原料ガスGの流量を、マスフローコントローラ(MFC)54, 52により独立に制御できるようにしている。ここで、MFC54, 52の替りに手動バルブを使用してもよい。また、内側配管53および外側配管

51は、それぞれ分岐配管56、56および分岐配管55、55にさらに分れ、水平基準線HSLに対して両側にそれぞれ内側ガス導入口21A、21Aおよび外側ガス導入口21B、21Bを開口している。

[0029] 図4に示すように、ガス案内部材24R、24Lは、ガス導入口21側と堤部材23側とにそれぞれ開口する横長状断面を有する石英製の筒状部品である。ガス案内部材側仕切板34R、34Lは、互いに略平行に配置された上面板24aと下面板24bとにまたがる形で、ガス案内部材24R、24Lの各内部に設けられている。ガス案内部材側仕切板34R、34Lが一体化されたガス案内部材24R、24Lを、反応容器2に対して着脱可能に配置することで、たとえばガス案内部材側仕切板34R、34Lの位置を変更したい場合には、ガス案内部材24R、24Lの交換により簡単に対応することができる。

[0030] また、図3に示すように、ガス導入口21A、21Bとガス案内部材24R、24Lとの間には、バッフル26が配置されている。図4に示すように、バッフル26は、ガス案内部材24R、24Lの開口部に対応して横長に形成されており、長手方向に沿って所定の間隔で複数のガス流通孔26aが形成されている。なお、ガス流通孔26aは、ガス案内部材側仕切板34R、34Lと干渉しない位置に形成されている。また、図3に示すように、堤部材23とガス排出口36との間には、排出側ガス案内部材25が配置される。

[0031] 図4に示すように、堤部材23には、上面23aの外周縁部を、ガス案内部材24R、24Lとの対向区間において凹状に切り欠くことにより弓形の切欠部23kが形成されている。切欠部23kの側面は、堤部材23の外周面23bの一部を形成している。図1に示すように、反応容器2は、下部容器2bと上部容器2aとからなり、上部内張り部材4は上部容器2a、堤部材23は下部容器2bの内周面に沿って配置されている。これにより、上部内張り部材4と堤部材23との相対位置が固定されている。図2に示すように、切欠部23kの底面23cは、ガス案内部材24R、24Lの下面板24bの内面の延長に略一致する形となっており、ガス案内面の役割を果たす。そして、原料ガスGは切欠部23kの側面23bに当たって上面23aに乗り上げる。

[0032] 図2に示すように、上部内張り部材4は、堤部材23の上面23aに平行対向する第一下面4aと、切欠部23kの側面(堤部材23の外周面)23bに対向する内周面4bと、同

じく底面23cに平行対向する第二下面4cとに基づく段部4dを有し、切欠部23kとの間にクランク状の断面を有するガス導入隙間60を形成している。すなわち、ガス導入隙間60は、堤部材23と上部内張り部材4とが対向することにより形成されるガス通路である。なお、図4に示すように、堤部材側仕切板35R、35Lは、ガス導入隙間60に対応した略L字状に形成されている。

[0033] 図5に示すのは、上部内張り部材4を堤部材23側から見たとき下方平面図である。堤部材23に向かい合う第一下面4aおよび第二下面4cがガス導入隙間60を形成することとなる。上部内張り部材4と、堤部材23との上下方向での重なり度合いに応じて、水平基準線HSLと平行な方向における、ガス導入隙間60の形成される長さが設定される。本発明の気相成長装置1は、該水平基準線HSLから幅方向WLに遠ざかるにつれて、上記形成される長さが漸次減少するように構成されている。

[0034] 図6Aに示すのは、図5中に示す水平基準線HSLを含む6A-6A断面図、図6Bに示すのは、図5の6B-6B断面図、図6Cに示すのは、図5の6C-6C断面図である。本実施形態においては、堤部材23の上面23aの内周縁23pよりも原料ガスGの流れ方向上流側に位置する、上部内張り部材4の下面4aの内周縁40pの寸法により、ガス導入隙間60の形成される長さを調整するようにしている。つまり、図6A、図6B、図6Cの順に見れば分かるように、水平基準線HSLから幅方向WLに遠ざかるほど、ガス導入隙間60を形成する堤部材23の上面23aと、同じく上部内張り部材4の下面4aとの上下方向での重なり度合いが減少している。これにより、水平基準線HSLに沿う方向での、ガス導入隙間60の形成される長さが漸次減少する。6A-6A断面、6B-6B断面、6C-6C断面でのガス導入隙間60の形成される長さをそれぞれ $D_A$ 、 $D_B$ 、 $D_C$ とすると、 $D_A > D_B > D_C$ という関係が成立している。

[0035] また、図6A、図6B、図6Cの各断面図に示すように、堤部材23の外周縁23qと上部内張り部材4の外周縁40qは、ガス導入隙間60の原料ガスGの入口側において、上下一致されている。このようにすれば、ガス流通路としてのガス案内部材24R、24Lを、堤部材23および上部内張り部材4に隙間無く接続することが容易である。

[0036] 図7に、ガス導入隙間60の形成領域の平面投影図を示す。図7中において、ガス導入隙間60は斜線部にて表される。図7に示すように、ガス導入隙間60の入口側で

は、堤部材23の外周縁23qが描く円弧と、上部内張り部材4の外周縁40qが描く円弧とが上下方向(サセプタ12の回転軸線Oに沿う方向)で互いに一致している。すなわち、両円弧は等しい半径 $R_2$ を持つ。半径 $R_2$ の円弧の中心は、サセプタ12の回転軸線Oに一致する。他方、ガス導入隙間60の出口側では、堤部材23の上面23aの内周縁23pが描く半径 $R_1$ の円弧の中心は、サセプタ12の回転軸線Oに一致しているが、上部内張り部材4の下面4aの内周縁40pが描く半径 $R_3$ の円弧の中心O'は、サセプタ12の回転軸線Oよりも原料ガスGの流れ方向下流側に設定される。そして、各円弧の半径は、 $R_1 < R_3$ となっている。

[0037] なお、本実施形態ではガス導入隙間60の形成される長さが、水平基準線HSLから離れるにつれて漸次減少する例を示したが、図9の模式図に示すように、水平基準線HSLから幅方向WLに遠ざかったいずれの位置においても、ガス導入隙間60の形成される長さが一定の値 $D_0$ を持つように構成する別形態も好適である。また、ガス導入隙間60の形成される長さが段階的に減少していくように、上部内張り部材4の寸法調整を行うことも、もちろん可能である。

[0038] また、気相成長装置1を別の観点から見ると、以下のような構成を有する。すなわち、図7に示すように、ガス導入隙間60(斜線部)の入口側では、堤部材23の外周縁23qと、上部内張り部材4の外周縁40qとが上下方向(サセプタ12の回転軸線Oに沿う方向)で互いに一致される。他方、ガス導入隙間60の出口側では、堤部材23の上面23aの内周縁23pが描く半径 $R_1$ の円弧の中心が、サセプタ12の回転軸線Oに一致する一方、上部内張り部材4の下面4aの内周縁40pが描く半径 $R_3$ の円弧の中心O'が、サセプタ12の回転軸線Oよりも原料ガスGの流れ方向下流側の水平基準線HSL上に設定される。そして、各円弧の半径が、 $R_1 < R_3$ となるように調整される。このようにすると、従来の気相成長装置よりも、原料ガスGが堤部材23の上面23a上で水平基準線HSL寄りに向きを変え難くなる。

[0039] 以下、上記気相成長装置1を用いたエピタキシャルウェーハの製造方法について説明する。図1から図4に示すように、反応容器2内のサセプタ12上に基板Wを配置し、必要に応じ自然酸化膜除去等の前処理を行った後、基板Wを回転させながら赤外線加熱ランプ11により所定の反応温度に加熱する。その状態で、反応容器2内に



各ガス導入口21A, 21Bから原料ガスGを所定の流速にて流通させて、基板W上にシリコン単結晶薄膜を気相エピタキシャル成長させることにより、エピタキシャルウェーハを得る。

[0040] 原料ガスGは、上記の基板W上にシリコン単結晶薄膜を気相成長させるためのものであり、 $\text{SiHCl}_3$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{SiH}_4$ 等のシリコン化合物の中から選択される。原料ガスGには、ドーパントガスとしての $\text{B}_2\text{H}_6$ あるいは $\text{PH}_3$ や、希釈ガスとしての $\text{H}_2$ 等が適宜配合される。また、薄膜の気相成長処理に先立って自然酸化膜除去処理を行う際には、 $\text{HCl}$ 等の腐蝕性ガスを希釈ガスにて希釈した前処理用ガスを反応容器2内に供給するか、または、 $\text{H}_2$ 雰囲気中で高温熱処理を施す。

[0041] 反応容器2内に原料ガスGを流通させるときの作用について説明する。図3の平面図中に矢印付き一点鎖線で示すように、原料ガスGは、バッフル26、ガス案内材24R, 24Lを通り、堤部材23の外周面23bに向けて流れる。外周面23bに当たった原料ガスは、堤部材23の上面23aに乗り上げて、基板Wの主表面に沿って流れる。そして、排出側ガス案内材25によって排気ガスEGが排気管7に集められ、排出される。

[0042] ここで、従来の気相成長装置における原料ガスGの流通経路について、図8の作用説明図を参照して説明する。従来の気相成長装置の場合、原料ガスGは基板の中心に向かって水平基準線HSLに寄りながら、予熱リングを経てサセプタ上に進んでくる。なぜなら、堤部材23'と上部内張り部4'とにより形成されるガス導入隙間60' (斜線部)を通過する際、原料ガスGは、なるべく抵抗が小さくなる方向に流れようとするからである。ガス導入隙間60'を原料ガスGが通過するときの直進距離d2は、基板の中心方向の最短距離d1よりも大である。つまり、最短距離d1で堤部材23'の上面23a'上を通過すれば、サセプタ12に向う原料ガスGが受ける抵抗は最も小さくなる。従来の気相成長装置の堤部材23'および上部内張り部材4'は、同径のリング状の形態を有するため、直進距離d2は水平基準線HSLから離れるほど大きい。したがって、水平基準線HSLから離れた位置、すなわち幅方向WLの外側を流れる原料ガスGほど、堤部材23'の上面23a'上での流れ方向が基板の中心に向かって大きく変化する。

- [0043] 原料ガスGの流速がそれほど大きくない場合には、堤部材23'を越えた後、いったん基板の中心に向かって進むものの、気流が集まる水平基準線HSL付近の圧力が高まるため、気流はすぐに下流方向に向きを変える。このため、原料ガスGの流速がそれほど大きくない場合には、原料ガスGが堤部材23'を越えた後、いったん基板の中心に向かって進むことは大きな問題にならない。しかし、原料ガスGの流速が大きい場合には、ガスの運動量が大きいので気流が集まる水平基準線HSL付近の圧力が十分高まる位置まで、気流は下流方向に向きを変えない。つまり、基板の中心に向かって進む距離が長い。このため、原料ガスGの流速が大きい場合には、原料ガスGが堤部材23'を越えた後、いったん基板の中心に向かって進む影響が大きくなる。
- [0044] 反応容器内の圧力を大気圧よりも低くした状態でのシリコン単結晶薄膜のエピタキシャル成長（いわゆる減圧エピタキシャル成長）では、反応容器内を流れる原料ガスGの流速は、常圧エピタキシャル成長に比べて数倍速い。したがって、特に減圧エピタキシャル成長では、原料ガスGが堤部材23'を越えた後、いったん基板の中心に向かって進むことを無視できなくなる。
- [0045] これに対し、本発明にかかる気相成長装置1は、水平基準線HSLから幅方向WLに離れるほど、ガス導入隙間60の形成される長さが小さくなるように構成されている。このような構成によれば、原料ガスGが水平基準線HSLに向かって流れるように、向きを大きく変更する現象が起こりにくい。そのため、図7に示すように、原料ガスGは比較的まっすぐサセプタ12上に流れるようになる。これにより、基板W上での均一な流通経路が確保される。

#### 実験例

- [0046] （計算機による模擬実験）

図1から図4に示す気相成長装置1における原料ガスの流通経路を、計算機シミュレーションにより導出した。また、これと比較するために、上部内張り部材が改良されていない、従来の気相成長装置での原料ガスの流通経路を導出した。さらに、図1から図4に示す気相成長装置1で、シリコン単結晶基板W上にシリコン単結晶薄膜を気相エピタキシャル成長させる場合の、シリコン単結晶薄膜の成長速度分布についても

、計算機シミュレーションにより見積もった。また、これと比較するために、従来の気相成長装置で、シリコン単結晶薄膜をシリコン単結晶基板W上に気相エピタキシャル成長させる場合の、シリコン単結晶薄膜の成長速度分布を併せて見積もった。設定条件等は、以下に記す通りである。

[0047] ソフトウェア:Fluent Ver 6.0(フルーエント・アジアパシフィック社製)

(寸法)

- ・堤部材の内径=300mm
- ・上部内張り部材のR<sub>3</sub>(図5参照)=200mm
- ・反応容器高さ(サセプタ12から反応容器2の上面内側までの距離)=20mm
- ・堤部材高さ(切欠き部23kの底面23cから堤部材23の上面23aまでの高さ)=16mm
- ・シリコン単結晶基板直径=200mm

(成長温度)

- ・シリコン単結晶基板…1400K
- ・反応容器上面…700K

(反応容器内圧力)

- ・10000Pa

(原料ガス)

- ・トリクロロシラン…1.5mol%
- ・水素…98.5mol%

(原料ガス流量)

- ・内側案内路…13.5リットル/分(標準状態)
- ・外側案内路…13.5リットル/分(標準状態)

[0048] 図10A、図10Bは、計算機シミュレーションから得られた原料ガスGの流通経路図、図11A、11Bは、シリコン単結晶薄膜の成長速度分布を示す等高線図である。図10Aおよび図11Aが本発明の気相成長装置1の場合、図10Bおよび図11Bが従来の気相成長装置の場合である。

[0049] まず、図10Aに示すように、本発明の気相成長装置1では、原料ガスが基板の中央

(水平基準線HSL)に寄ってくる傾向が小さい。他方、図10Bに示すように、従来の気相成長装置では、原料ガスGは、堤部材23の上面23aで流れる向きを内寄りに大きく変化させている。

- [0050] 次に、図11A、図11Bに示す成長速度分布を示す等高線図についてであるが、シリコン単結晶基板Wは回転しないと仮定しているので、図中下流側に進むほど、成長速度が遅い等高線を示している。従来の気相成長装置の場合、等高線が大きく波打っているのに対し、本発明の気相成長装置1の場合、等高線は小さい波打ちを繰り返す結果となった。

## 請求の範囲

- [1] シリコン単結晶基板の主表面上にシリコン単結晶薄膜を気相成長させる気相成長装置であって、

水平方向における第一端部側にガス導入口が形成され、同じく第二端部側にガス排出口が形成された反応容器を有し、シリコン単結晶薄膜形成のための原料ガスが前記ガス導入口から前記反応容器内に導入され、該反応容器の内部空間にて略水平に回転保持される前記シリコン単結晶基板の前記主表面に沿って前記原料ガスが流れた後、前記ガス排出口から排出されるように構成され、前記内部空間内にて回転駆動される円盤状のサセプタ上に前記シリコン単結晶基板が配置される一方、前記サセプタを取り囲むとともに、上面が該サセプタの上面と略一致する位置関係にて堤部材が配置され、

さらに、前記ガス導入口は前記堤部材の外周面に対向する形にて開口し、該ガス導入口からの前記原料ガスが、前記堤部材の外周面に当たって上面側に乗り上げた後、前記サセプタ上の前記シリコン単結晶基板の主表面に沿って流れるように構成された気相成長装置において、

前記堤部材の上から被さるように上部内張り部材が配置され、前記堤部材と前記上部内張り部材とによって、前記反応容器内へのガス導入隙間が形成されており、

前記反応容器の前記第一端部から前記サセプタの回転軸線と直交して前記第二端部に至る前記原料ガスの流れ方向に沿った仮想的な中心線を水平基準線とし、前記サセプタの回転軸線と、前記水平基準線との双方に直交する方向を幅方向と定義したとき、

前記水平基準線から前記幅方向に遠ざかるにつれて、前記ガス導入隙間の前記水平基準線と平行な方向に形成される長さが、連続的または段階的に短くなるか、もしくはいずれの位置においても一定となるように構成されていることを特徴とする気相成長装置。

- [2] 前記ガス導入隙間を形成する前記堤部材の上面と、同じく前記上部内張り部材の下面との上下方向での重なり度合いが、前記水平基準線から前記幅方向に遠ざかるにつれて小さくなるか、もしくはいずれの位置においても一定となるように構成されて

いることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の気相成長装置。

- [3] 前記上部内張り部材の下面の内周縁が、前記堤部材の上面の内周縁よりも前記原料ガスの流れ方向上流側に位置するように構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の気相成長装置。
- [4] 前記ガス導入隙間の出口側で、前記堤部材の上面の内周縁が描く円弧の中心が、前記サセプタの回転軸線に一致する一方、前記上部内張り部材の下面の内周縁が描く円弧の中心は、前記サセプタの回転軸線よりも前記原料ガスの流れ方向下流側に設定され、  
前記堤部材の上面の内周縁が描く円弧の半径よりも、前記上部内張り部材の下面の内周縁が描く円弧の半径の方が大となるように構成されていることを特徴とする請求の範囲第1項ないし第3項のいずれか1項に記載の気相成長装置。
- [5] シリコン単結晶基板の主表面上にシリコン単結晶薄膜を気相成長させる気相成長装置であって、  
水平方向における第一端部側にガス導入口が形成され、同じく第二端部側にガス排出口が形成された反応容器を有し、シリコン単結晶薄膜形成のための原料ガスが前記ガス導入口から前記反応容器内に導入され、該反応容器の内部空間にて略水平に回転保持される前記シリコン単結晶基板の前記主表面に沿って前記原料ガスが流れた後、前記ガス排出口から排出されるように構成され、前記内部空間内にて回転駆動される円盤状のサセプタ上に前記シリコン単結晶基板が配置される一方、前記サセプタを取り囲むとともに、上面が該サセプタの上面と略一致する位置関係にて堤部材が配置され、  
さらに、前記ガス導入口は前記堤部材の外周面に対向する形にて開口し、該ガス導入口からの前記原料ガスが、前記堤部材の外周面に当たって上面側に乗り上げた後、前記サセプタ上の前記シリコン単結晶基板の主表面に沿って流れるように構成された気相成長装置において、  
前記堤部材の上から被さるように上部内張り部材が配置され、前記堤部材と前記上部内張り部材とによって、前記反応容器内へのガス導入隙間が形成されており、  
前記上部内張り部材の下面の内周縁が、前記堤部材の上面の内周縁よりも前記原

料ガスの流れ方向上流側に位置し、

前記ガス導入隙間の出口側で、前記堤部材の上面の内周縁が描く円弧の中心が、前記サセプタの回転軸線に一致する一方、前記上部内張り部材の下面の内周縁が描く円弧の中心は、前記サセプタの回転軸線よりも前記原料ガスの流れ方向下流側に設定され、

前記堤部材の上面の内周縁が描く円弧の半径よりも、前記上部内張り部材の下面の内周縁が描く円弧の半径の方が大となるように構成されていることを特徴とする気相成長装置。

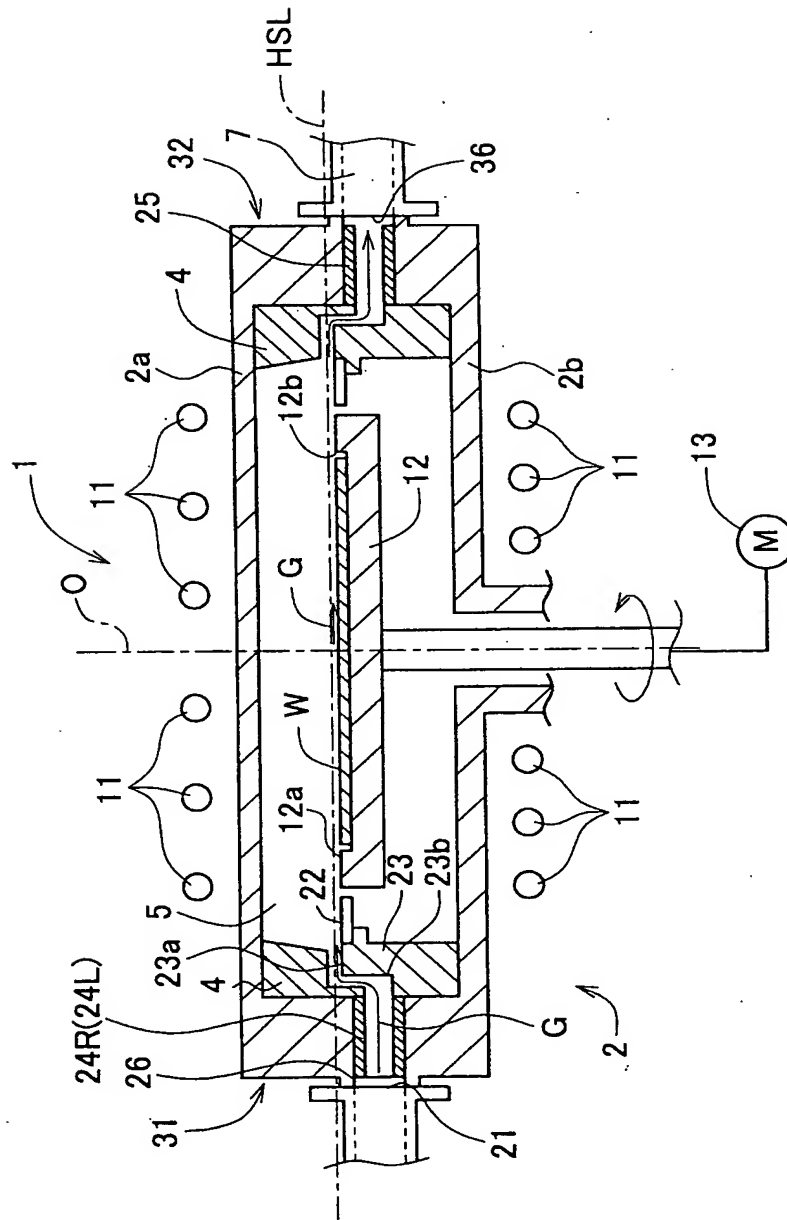
- [6] 前記反応容器内を大気圧よりも減圧された状態に保持する排気系を備えていることを特徴とする請求の範囲第1項ないし第5項のいずれか1項に記載の気相成長装置。
- [7] 請求の範囲第1項ないし第6項のいずれか1項に記載の気相成長装置の前記反応容器内に前記シリコン単結晶基板を配置し、該反応容器内に前記原料ガスを流通させて前記シリコン単結晶基板上に前記シリコン単結晶薄膜を気相エピタキシャル成長させることによりエピタキシャルウェーハを得ることを特徴とするエピタキシャルウェーハの製造方法。
- [8] 前記原料ガスとして、モノクロロシランガス、ジクロロシランガスおよびトリクロロシランガスのグループから選択される1種のものを使用し、前記反応容器内を大気圧よりも減圧された状態に保ちつつ、前記シリコン単結晶基板上に前記シリコン単結晶薄膜を気相エピタキシャル成長させることを特徴とする請求の範囲第7項に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。
- [9] 前記水平基準線と平行な方向における、前記ガス導入隙間の形成される長さに応じて、前記水平基準線寄りを流れる前記原料ガスの流量を調節する内側バルブと、前記水平基準線から離れたところを流れる前記原料ガスの流量を調節する外側バルブとの開閉度合いを設定することを特徴とする請求の範囲第7項または第8項に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

## 要 約 書

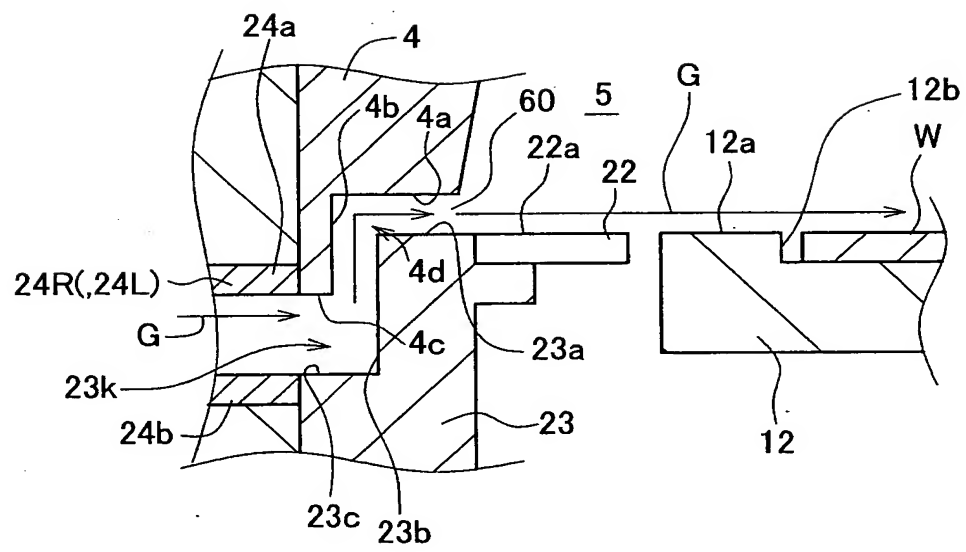
原料ガスGは、堤部材23の外周面23bに当たって上面23a側に乗り上げた後、サセプタ12上に載置されたシリコン単結晶基板Wの主表面に沿って流れる。堤部材23の上方には、該堤部材23と向かい合う形で上部内張り部材4が配置されている。堤部材23と上部内張り部材4の間には、ガス導入隙間60が形成されている。気相成長装置1においては、ガス導入隙間60の水平基準線HSLに沿う方向に形成される長さが、該水平基準線HSLから遠ざかるにつれて減少するか、もしくは、いずれの位置においても一定となるように、上部内張り部材4の寸法調整がなされている。これにより、シリコン単結晶基板上に流れる原料ガスの流通経路をより均一にすることができる気相成長装置と、それを用いたエピタキシャルウェーハの製造方法とを提供する。



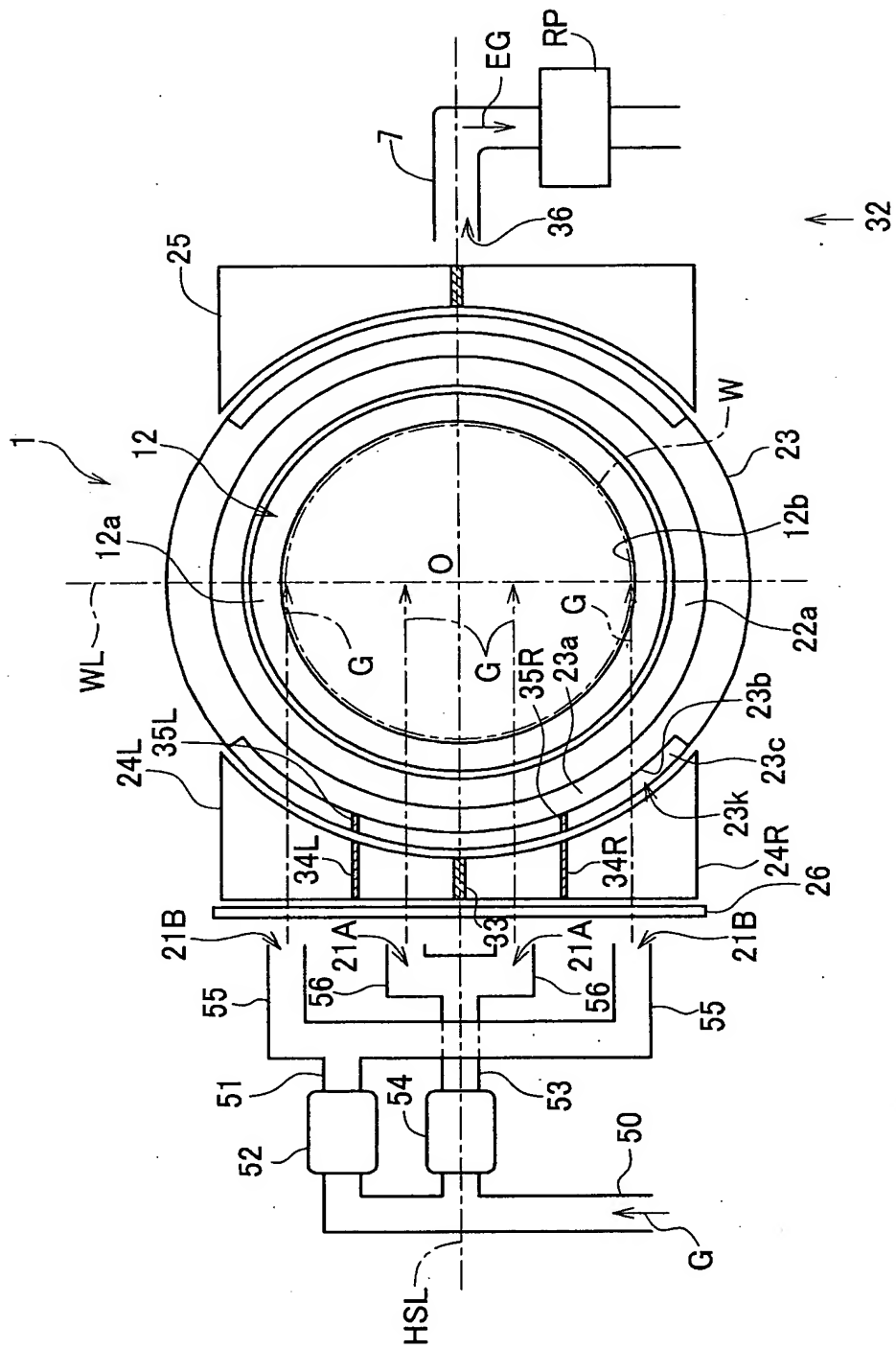
[図1]



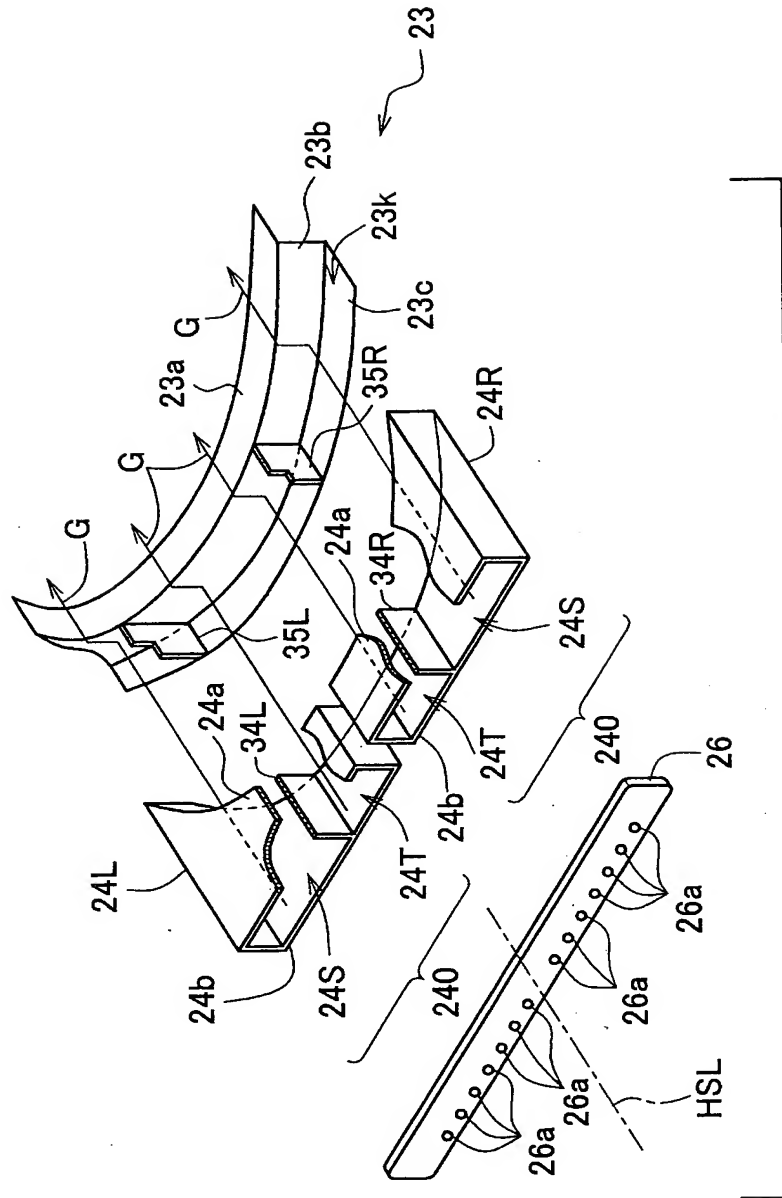
[図2]



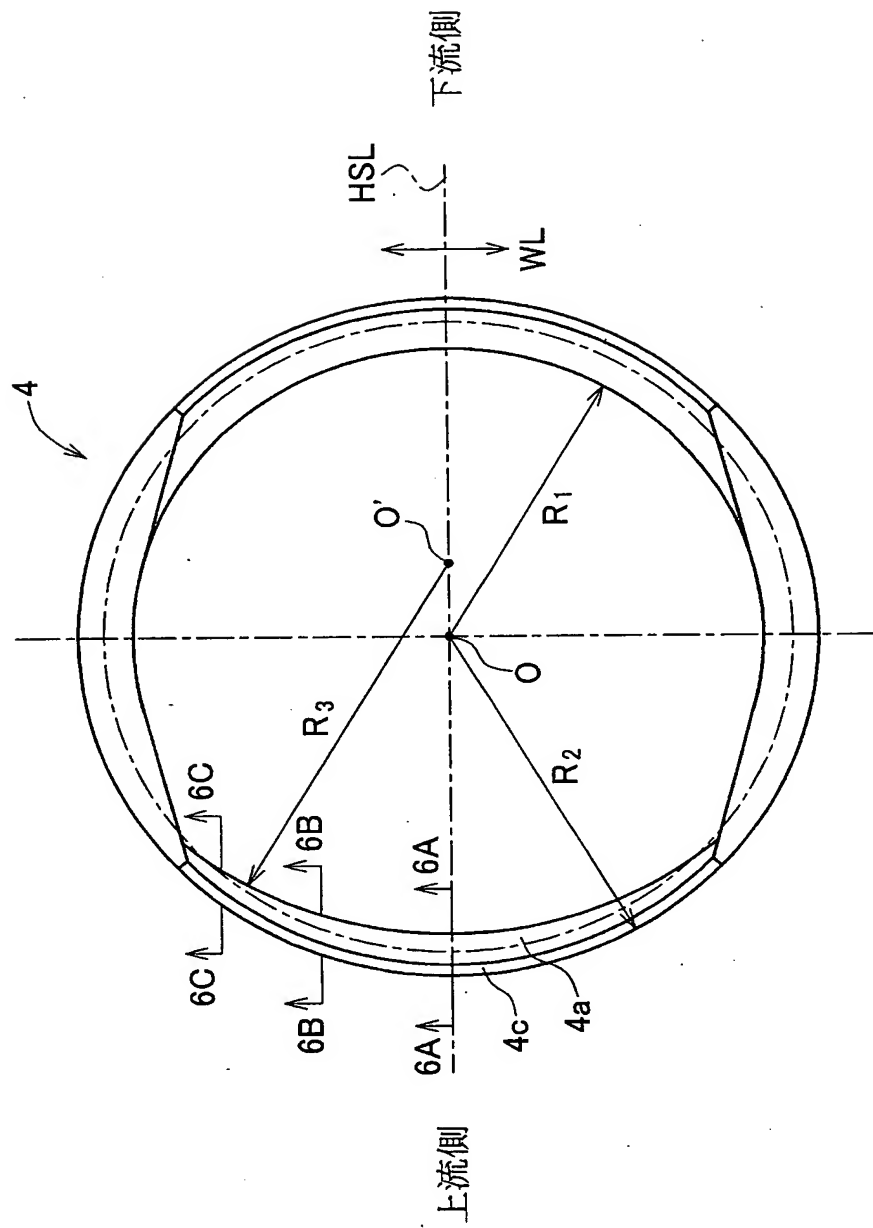
[図3]



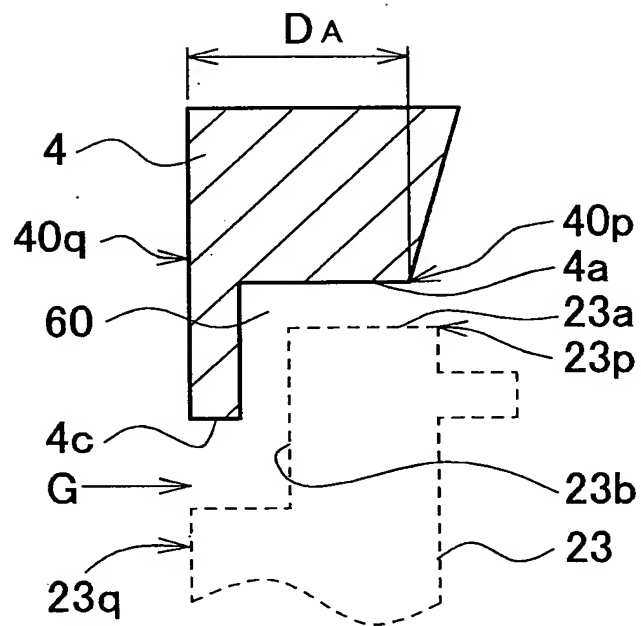
[図4]



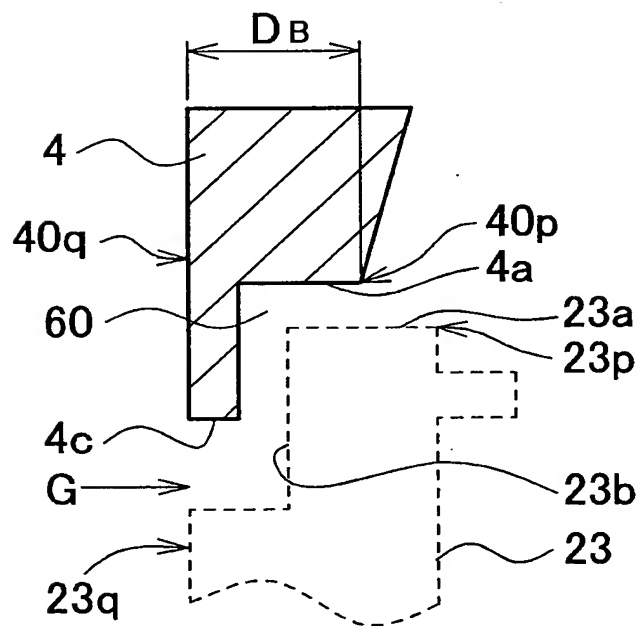
[図5]



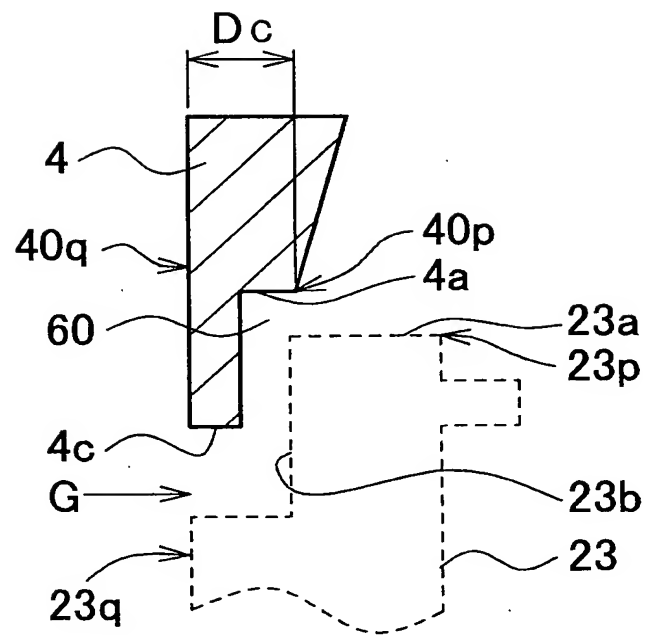
[図6A]



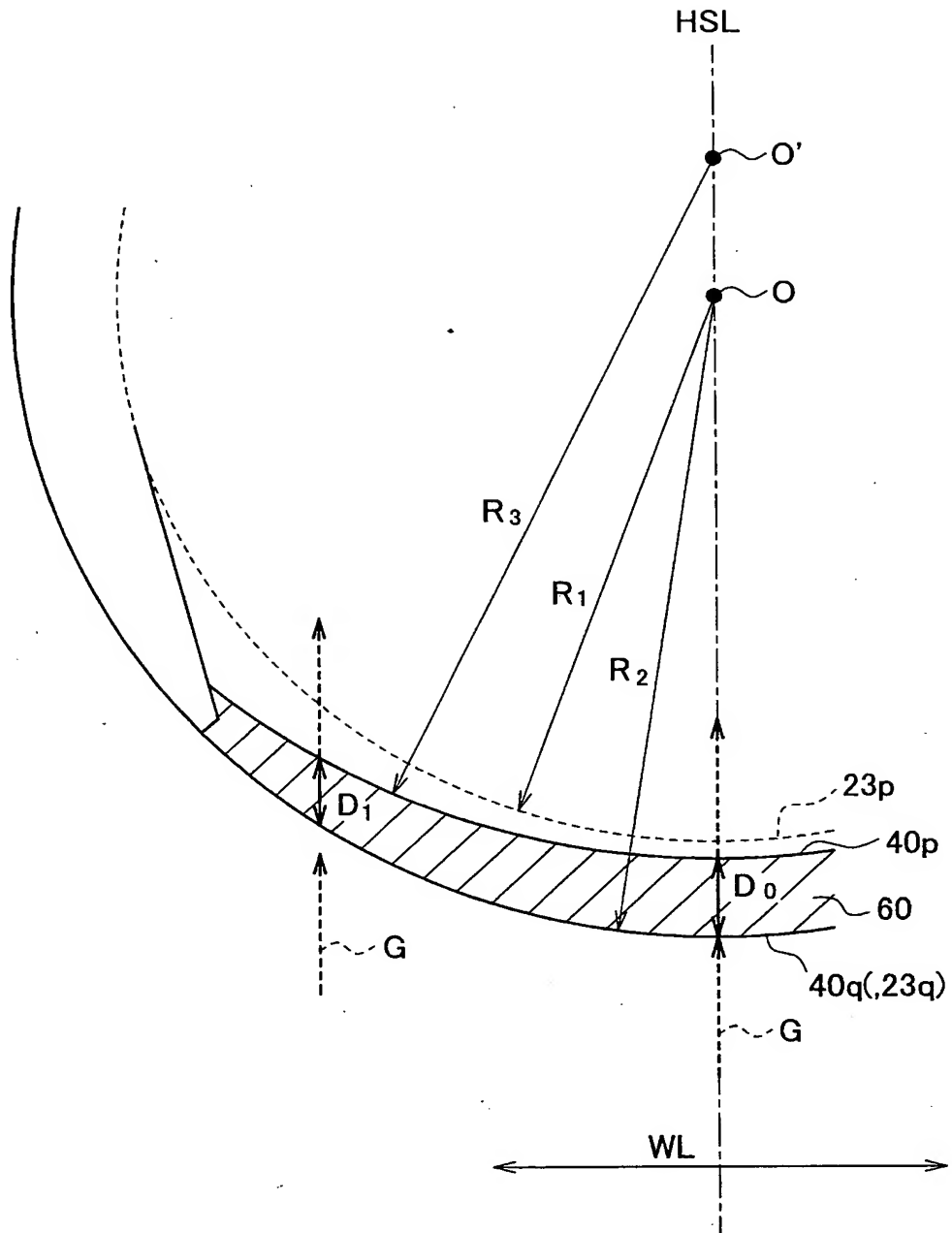
[図6B]



[図6C]

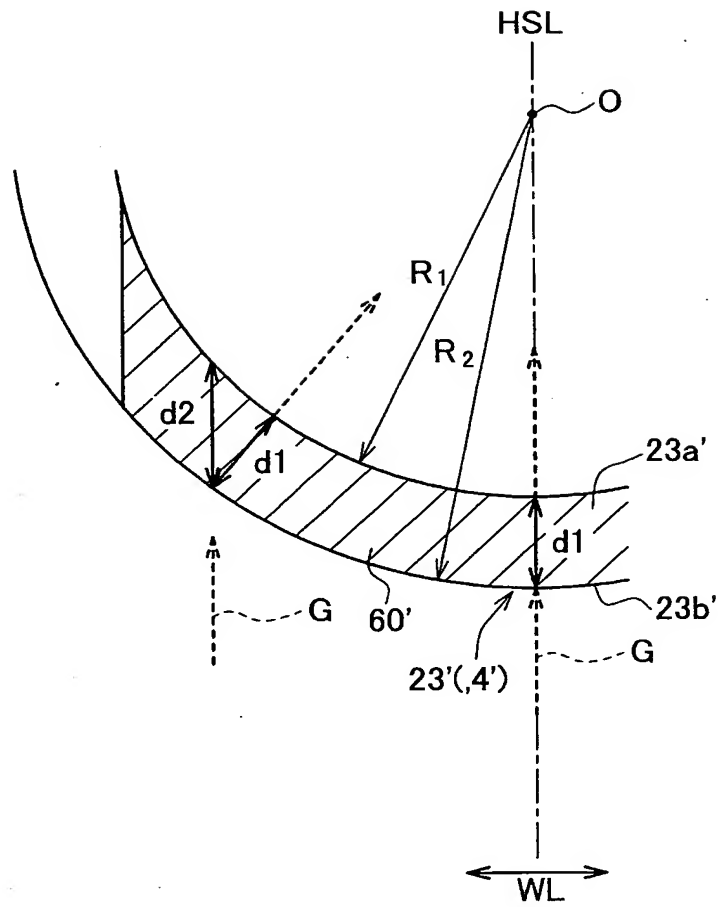


[図7]

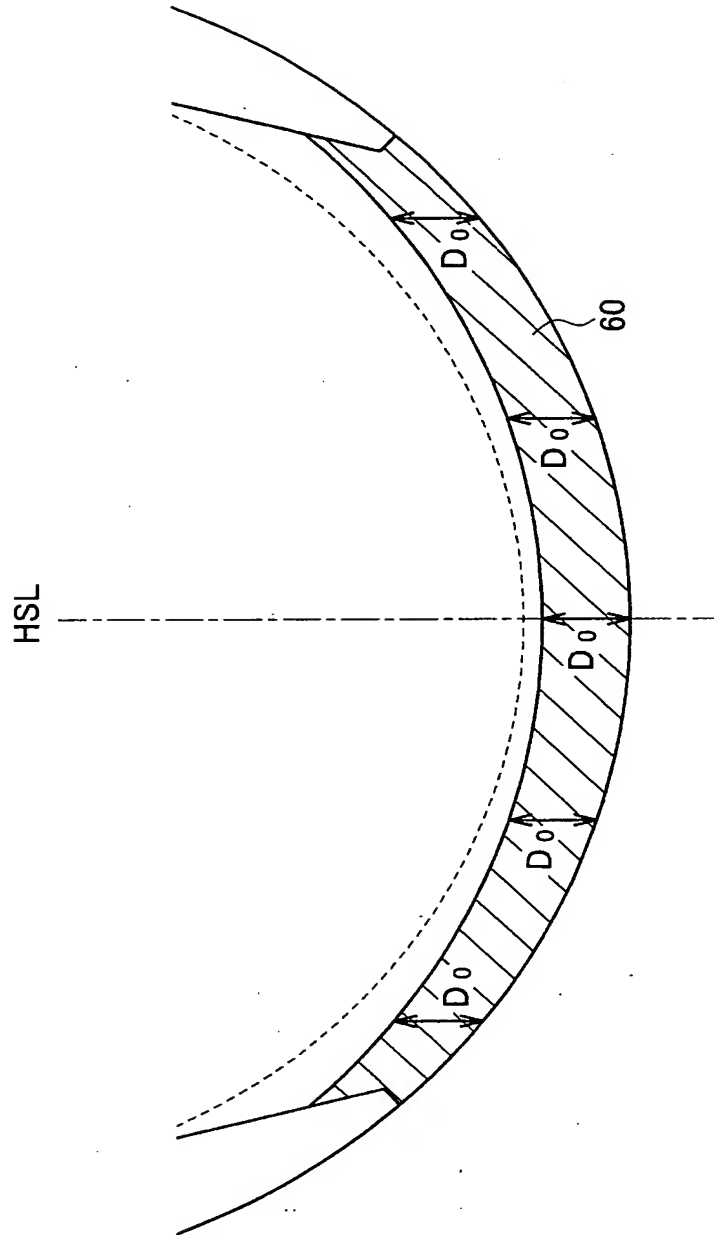




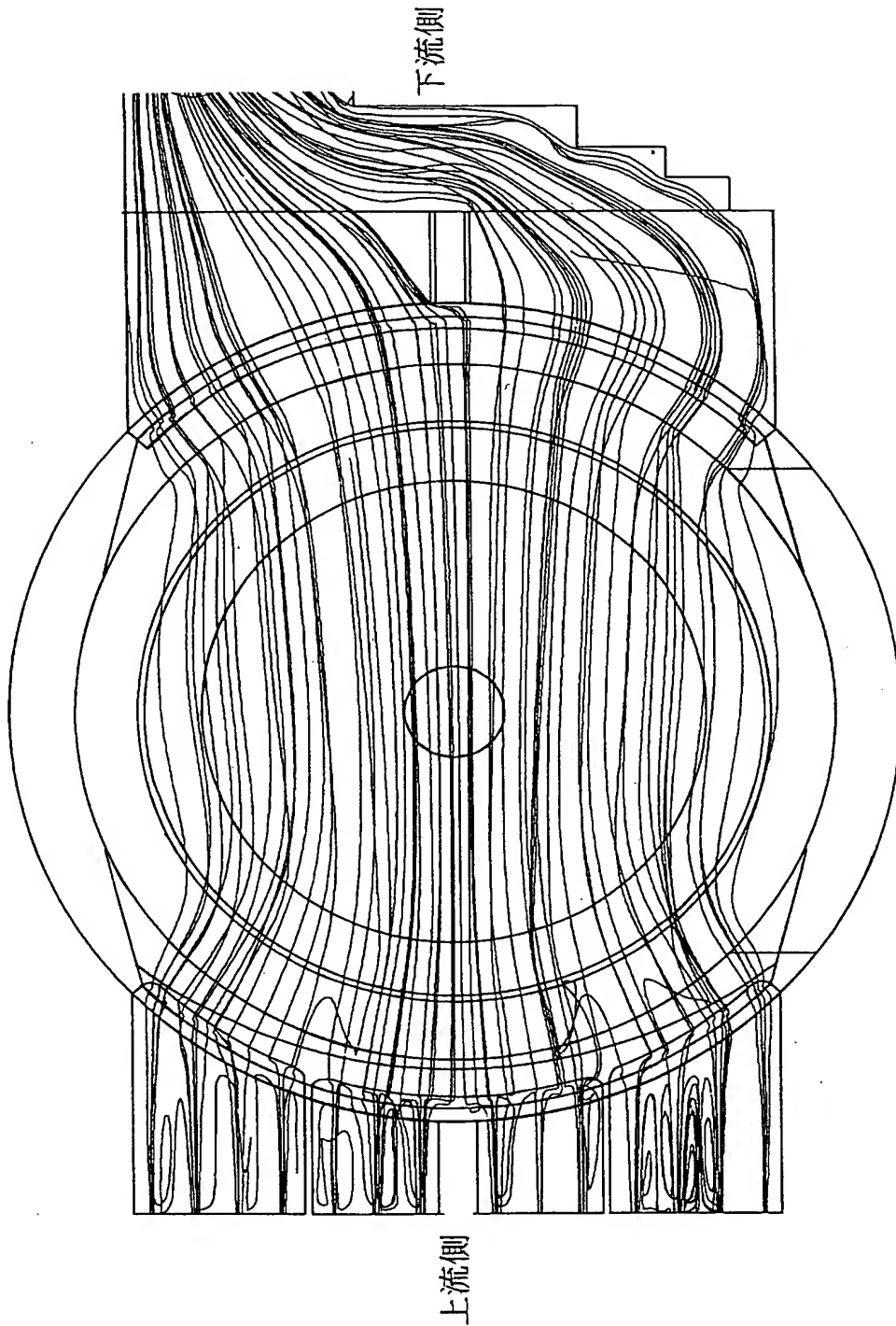
[図8]



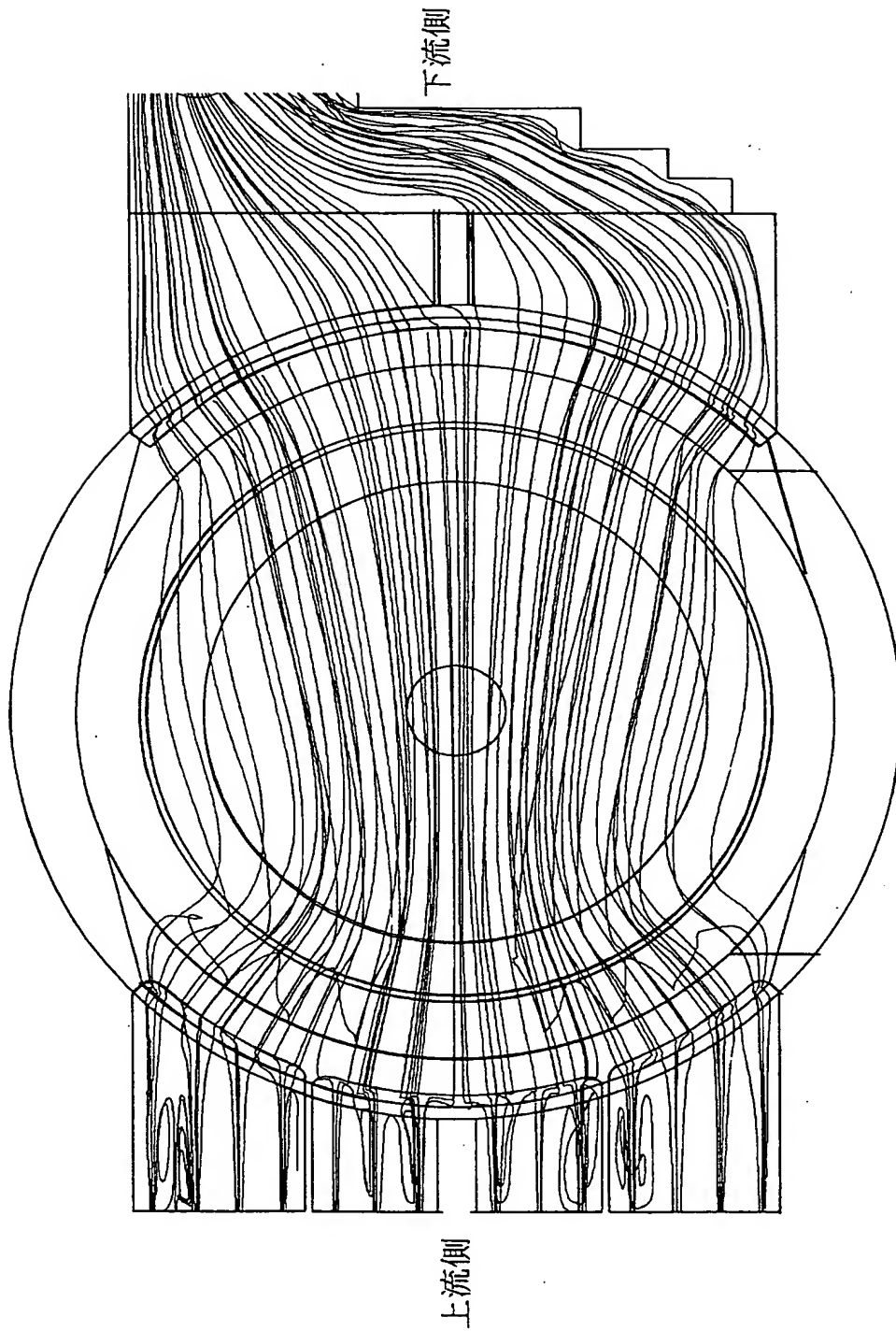
[圖9]



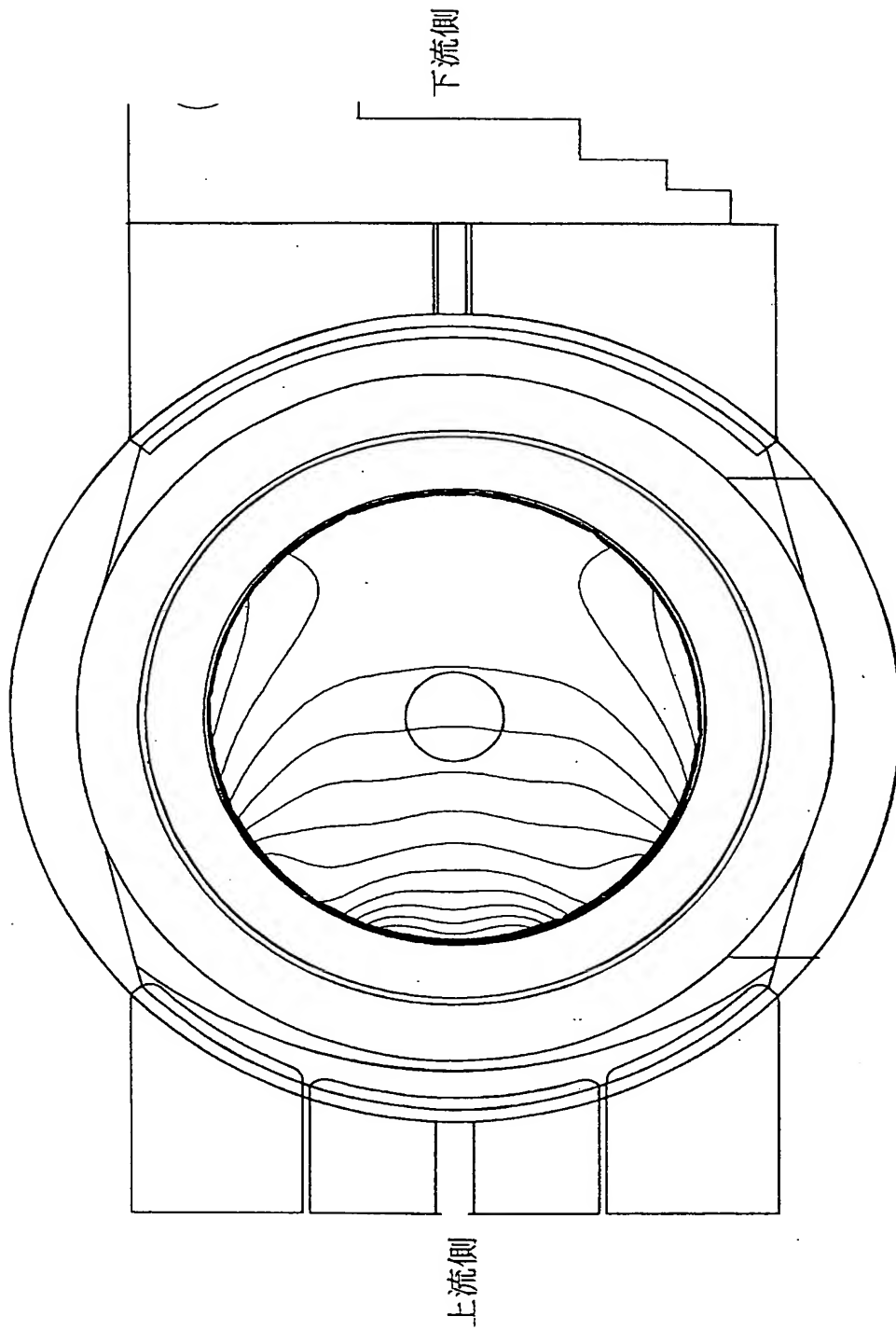
[図10A]



[図10B]



[図11A]



[図11B]

